

зосереджених сил чи розподільного навантаження), геометрії стержня (закону зміни моментів інерції перерізу вздовж осі стійки) та інших параметрів. Всі ці розробки дозволять отримати значний економічний ефект, підвищити надійність та довговічність стиснутих елементів конструкцій і запобігти багатьом аваріям і катастрофам в майбутньому.

Література

1. Беляев Н. М. Сопротивление материалов / Н. М. Беляев. – [15-е изд., перераб.]. – М.: Гл. ред. физ.-мат. лит-ры изд-ва "Наука", 1976. – 608 с.
2. Васильченко В. Т. Справочник конструктора металлических конструкций / В. Т. Васильченко, А. Н. Рутман, Е. П. Лукьяненко. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – К.: Будівельник, 1990. – 312 с.
3. Дарков А. В. Сопротивление материалов: учеб. [для студ. техн. вузов.] / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. – [5-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Высшая школа, 1989. – 624 с.
4. Кинашвили Р. С. Сопротивление материалов: краткий учебник / Р. С. Кинашвили; под ред. А. С. Вольмира. – [11-е изд.]. – М.: Наука, 1975. – 384 с.
5. Кондель В. М. Проекування раціональних форм стиснутих елементів конструкцій – один із напрямків попередження надзвичайних ситуацій / В. М. Кондель, К. М. Заїка, О. С. Корнєв, Р. В. Бордюк, Р. Ю. Колков // Аспекти безпеки праці, життя та довкілля людини: Зб. наук. праць III Регіон. наук.-практ. конф. інж.-технолог. фак.-ту. – Вип. 3. – Полтава: Полтавська держ. аграрна академія, 2010. – С. 26–31.
6. Курмаз К. Г. Визначення коефіцієнтів поздовжнього згинання для сталених стиснутих деталей / К. Г. Курмаз, Р. В. Бабенко, А. Ю. Шило // Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання: зб. тез II Всеукр. студ. наук.-техн. конф. в 2 т., 23-24 квітня 2009 р. / Тернопільський держ. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. – Т. 1. – Тернопіль: ТДТУ, 2009. – С. 205.
7. Лихтарников Я. М. Расчет стальных конструкций: справочное пособие / Я. М. Лихтарников, Д. В. Ладыженский, В. М. Клыков. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – К.: Будівельник, 1984. – 368 с.
8. Николаев Г. А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование: учеб. [для студ. вузов.] / Г. А. Николаев, В. А. Винокуров; под ред. Г. А. Николаева. – М.: Высшая школа, 1990. – 446 с.
9. Ободовский Б. А. Сопротивление материалов в примерах и задачах: учебное пособие / Б. А. Ободовский, С. Е. Ханин. – [3-е изд., стер.]. – Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1971. – 384 с.
10. Писаренко Г. С. Опір матеріалів: підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський; за ред. Г. С. Писаренка. – [2-ге вид., допов. і переробл.]. – К.: Вища школа, 2004. – 655 с.
11. Писаренко Г. С. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев; отв. ред. Г. С. Писаренко. – К.: Наукова думка, 1988. – 736 с.
12. Терегулов И. Г. Сопротивление материалов и основы теории упругости и пластичности: учеб. [для студ. строит. спец. вузов] / И. Г. Терегулов. – М.: Высшая школа, 1984. – 472 с.

Віктор Славін, Іван Манько, Станіслав Карев

ВПЛИВ ТИПУ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА

У світі паливна економічність та екологічні вимоги до автотранспорту, як до основного джерела споживання палива нафтового походження і забруднення навколишнього середовища вважаються пріоритетними.

Панівне становище в якості системи бензинових двигунів внутрішнього згоряння, яка готує паливовітряну суміш належного складу для різних режимів роботи двигуна обіймає карбюраторний спосіб сумішоутворення, хоча він так і не досяг бажаної досконалості з точки зору паливної економічності та екологічних показників, так як традиційні шляхи удосконалювання двигунів з карбюраторними системами живлення практично вичерпані.

Разом з тим в експлуатації ще багато автомобілів обладнаних цими системами. Згідно [1, 103] в м. Києві легкові автомобілі з карбюраторними системами живлення складають 55,8 % (291172 тис. од.) вітчизняного виробництва та країн СНД, частка автомобілів марки ВАЗ 2101, 02, 011, 03-07 складає 41% (121609 тис. од.).

У пошуках альтернативи карбюраторній системі живлення, що не задовольняє сучасному рівню екологічних вимог, привертають увагу електронні системи впорскування бензину, які набувають інтенсивного поширення з 90-х років минулого століття. Як засвідчують опубліковані матеріали, серед виготовлених у 1995 р. в Європі легкових автомобілів 76 % оснащені такими системами живлення. В подальшому вони майже повністю витісняють карбюраторні системи живлення. В Україні випуск двигунів із карбюраторними системами живлення припинено з 1. 06. 06 р.

Аналіз існуючих типів систем живлення бензинових двигунів показав, що застосовувані в теперішній час карбюраторні системи живлення на нових автомобілях майже повністю витісняються системами впорскування легкого палива, які мають такі переваги в порівнянні з карбюраторними системами:

- збільшення коефіцієнту наповнення циліндрів двигуна за рахунок зменшення опору у впускному трубопроводі;
- оптимізація складу горючої суміші в залежності від температурних умов експлуатації двигуна та атмосферних умов;
- збільшення швидкодії реагування паливної системи на зміну режиму роботи двигуна;

- рівномірність розподілу паливоповітряної суміші між циліндрами двигуна;
- зменшення загальної кількості несправностей за рахунок досконалості конструкції;
- зменшення кількості регулювань під час експлуатації автомобіля та адаптованість до зміни експлуатаційних показників механізмів і систем двигуна;
- зручність та доцільність використання трикомпонентних нейтралізаторів відпрацьованих газів.
- можливість швидкого коригування складу паливоповітряної суміші в залежності від характеристик палива та складу відпрацьованих газів;
- можливість використання вбудованої діагностики стану системи живлення та повідомлення про її несправність [2, 219-221; 3, 26-31].

В роботі [3, 109-111] розглянуто та досліджено метод заміни застарілої системи живлення автомобіля марки ВАЗ на електронну розподілену систему впорскування бензину (ЕРСВБ), як один із шляхів поліпшення екологічних показників та паливної економічності легкових автомобілів зі значним пробігом. Для заміни карбюратора в умовах експлуатації була обрана ЕРСВБ одночасного впорскування палива "LE-Jetronic" (Bosch), яка налічує у собі мінімальну кількість додаткових пристроїв. Застосування системи впорскування дозволило при стабільній роботі двигуна, що підтверджується однаковими, а для малих навантажень нижчими концентраціями вуглеводнів у відпрацьованих газах, значно збіднити паливоповітряну суміш (коефіцієнт надлишку повітря α зріс з 1,0 до 1,2). Таке збіднення суміші призвело до зниження питомої витрати палива при використанні системи впорскування в середньому по навантажувальній характеристиці на 8,7%. При повному навантаженні і незначному збагаченні суміші внаслідок збільшення наповнення циліндрів повітрям (з 110,3 до 121,7 кг/год), потужність двигуна з системою впорскування зросла на 7,2%. Значне збіднення суміші в основних режимах роботи призвело до зниження викидів оксиду та діоксиду вуглецю CO, CO₂, вуглеводнів C_mH_n, та оксидів азоту NO_x.

Наказом Державного комітету України з питань технічного регулювання і споживчої політики від 01. 02. 2005 р. № 28, для досягнення сучасного рівня екологічних вимог та виконання міжнародних зобов'язань України за Женевською Угодою 1958 року, затверджено нову редакцію Переліку продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні. Згідно з цим переліком вимоги рівня "Євро-2" введені в Україні з 01. 01. 2006 р. [4, 305].

Нові екологічні норми [4, 302-304] висувають жорсткіші вимоги щодо вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах, для досягнення яких розглянута вище ЕРСВБ без додаткових пристроїв, систем і нових функцій не зможе їх повністю задовольнити.

На сьогодні існує безліч сучасних систем впорскування палива, але найбільш прийнятною, з точки зору витрат на її придбання та без значних доробок і заміни основних агрегатів двигуна, є "LH-Motronic" з електронним блоком управління (ЕБУ) – GM [5, 81-103]. Дана система впорскування палива може використовуватися для заміни застарілих систем живлення, що не відповідають сучасним екологічним вимогам.

ЕРСВБ (LH-Motronic) із попарно-паралельним способом розпилювання бензину включає в себе: електронну систему запалювання робочої суміші із безконтактним розподіленням високої напруги, мікрокомп'ютерне управління кутом випередження запалювання з датчиком детонації, систему нейтралізації відпрацьованих газів із зворотнім зв'язком, систему вловлювання випарів бензину. Згідно з цим переліком ЕРСВБ відповідає екологічним вимогам рівня "Євро-2", що також дозволяє знизити токсичність відпрацьованих газів при покращенні їздових якостей автомобіля.

Для обґрунтування ефективності такого переобладнання на кафедрі "Двигуни і теплотехніка" Національного транспортного університету проводяться порівняльні дослідження двигунів і автомобілів при використанні карбюраторної системи і сучасної системи впорскування бензину. Проведені стендові дослідження двигуна 4Ч7,6/6,6, обладнаного карбюраторною системою живлення та ЕРСВБ із системою нейтралізації відпрацьованих газів та зворотнім зв'язком.

Згідно із прийнятою методикою проведення досліджень по впливу типу системи живлення двигуна 4Ч7,6/6,6 на паливну економічність, енергетичні та екологічні показники, визначено серію характеристик, яка відтворює різноманітні режими умов експлуатації. Порівняльні дослідження паливної економічності та екологічних показників двигуна було здійснено у широкому діапазоні швидкісних і навантажувальних режимів.

При підготовці до досліджень був перевірений технічний стан двигуна і виконані регулювання згідно технічної документації на двигун 4Ч7,6/6,6. Гранично допустимий вміст оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах двигуна для карбюраторної системи живлення без нейтралізатора та ЕРСВБ із зворотнім зв'язком та базовим трикомпонентним нейтралізатором відпрацьованих газів контролювали згідно ДСТУ 4277:2004.

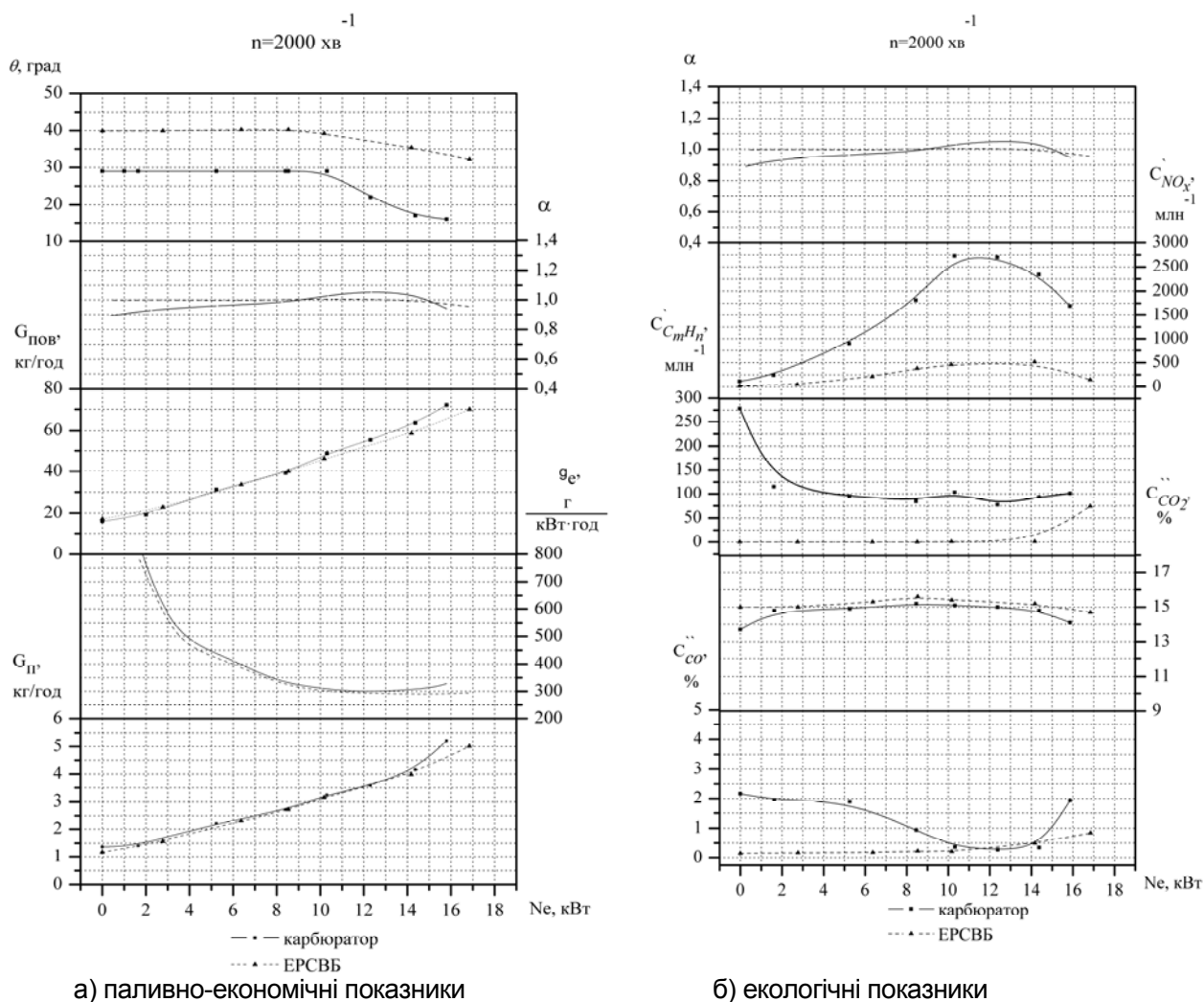
Діагностику технічного стану ЕРСВБ виконували за допомогою автомобільного діагностичного пристрою послідовної діагностики автомобілів K-LineUSB "Opensystem". При підключенні до

персонального комп'ютера та блока управління із використанням програмного забезпечення, він дозволяє отримати інформацію про основні параметри роботи електронної системи впорскування під час експлуатації й оцінити її технічний стан.

Під час проведення досліджень двигуна 4Ч7,6/6,6 із ЕРСВБ, був підібраний кут випередження запалювання, що є близьким до кута випередження запалювання в карбюраторній системі живлення в режимі максимального крутного моменту.

ЕРСВБ в режимах малих та середніх навантажень завдяки зворотньому зв'язку по датчику кисню, підтримує коефіцієнт надлишку повітря $\alpha=1$.

В режимі максимальної потужності при умові, коли дросельна заслінка відкрита на 86%, ЕРСВБ вимикає зворотній зв'язок по датчику кисню, децю збагачує паливоповітряну суміш (коефіцієнт надлишку повітря $\alpha=0,95$) для досягнення найбільшої потужності двигуна в даному режимі.



Малюнок 1. Навантажувальні характеристики двигуна 4Ч7,6/6,6 з різним типом системи живлення

При роботі двигуна з карбюраторною системою живлення із штатним карбюратором коефіцієнт надлишку повітря децю інший. В режимах малого та близького до середнього навантаження працює система холостого ходу разом із перехідною системою вторинної камери, в результаті паливоповітряна суміш децю збагачена ($\alpha=0,88-0,98$), в режимах середнього та близького до максимального навантаження в роботу вступає головна дозуюча система, яка готує збіднену паливоповітряну суміш ($\alpha=1,03-1,04$), досягаючи меншої витрати бензину.

Для отримання максимальної потужності при максимальному навантаженні спрацьовує еконостат, який подає додаткову порцію бензину, збагачуючи паливоповітряну суміш ($\alpha=0,94$).

Для прикладу на мал. 1 показані навантажувальні характеристики двигуна 4Ч7,6/6,6 з карбюраторною системою та ЕРСВБ.

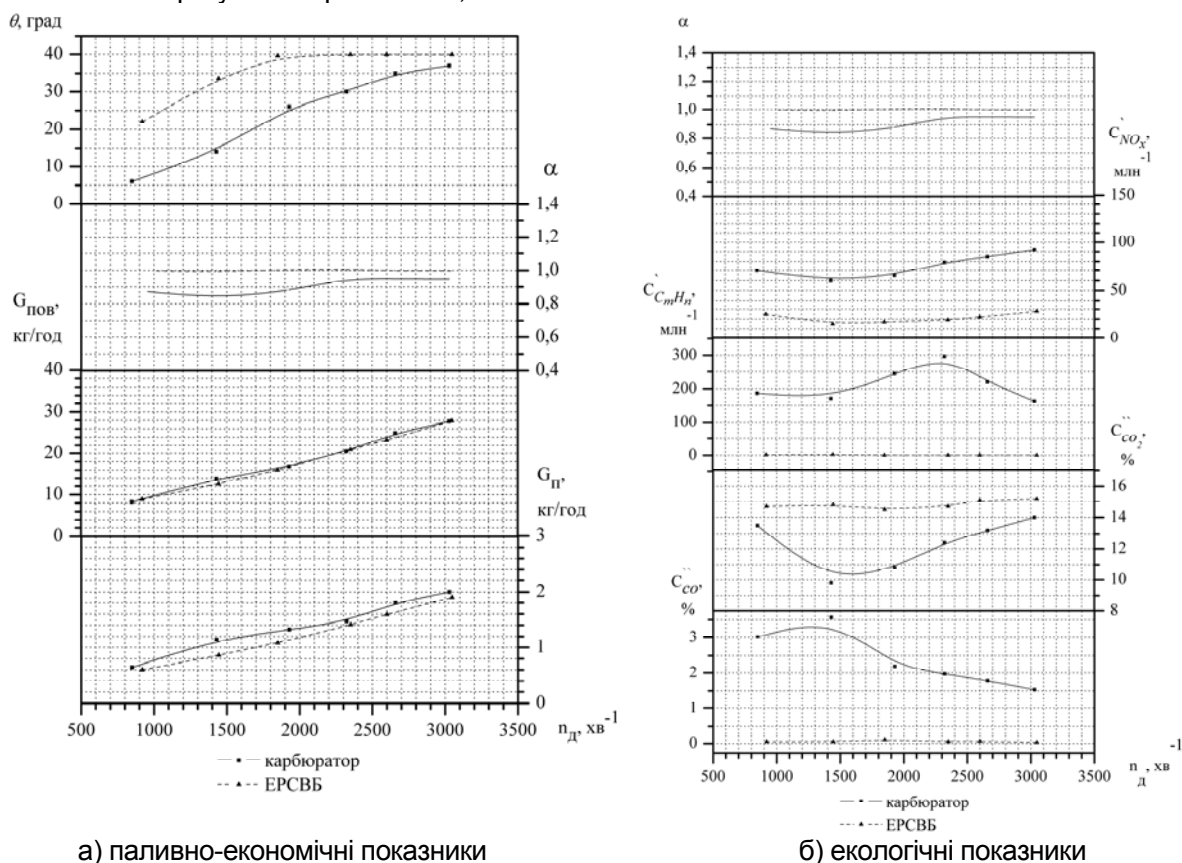
З навантажувальної характеристики видно, що склад паливоповітряної суміші з карбюраторною системою живлення значно відрізняється від складу за роботи з ЕРСВБ, що в результаті впливає на порівняльні показники роботи двигуна з цими системами.

З карбюраторною системою живлення коефіцієнт надлишку повітря змінюється в межах $\alpha=0,88-1,04$, з ЕРСВБ $\alpha=0,94-1,0$.

При цьому при використанні ЕРСВБ стехіометричний склад суміші витримується практично в усьому діапазоні навантажень.

З характеристик видно, що застосування системи впорскування призвело до покращення паливної економічності. Зниження питомої витрати палива в середньому по навантажувальній характеристиці складає 5%.

Підвищились енергетичні показники двигуна, при повному навантаженні потужність двигуна з системою впорскування зросла на 6,6%.



Малюнок 2. Характеристики активного холостого ходу двигуна 4C47,6/6 з різним типом системи живлення

Як і очікувалось, застосування ЕРСВБ призвело до значного покращення екологічних показників по навантажувальній характеристиці. З системою ЕРСВБ досягається зниження вмісту оксиду вуглецю СО до 76,6% в порівнянні з карбюраторною системою. Під час роботи двигуна із ЕРСВБ середній вміст вуглеводнів C_{mHn} знизився на 92% в порівнянні з карбюраторною системою.

Оскільки в каталітичному нейтралізаторі оксид вуглецю СО доокислюється до діоксиду вуглецю CO_2 , то вміст CO_2 для ЕРСВБ зростає в середньому на 3,7%. Вміст оксидів азоту NOx при використанні ЕРСВБ в режимі середнього крутного моменту знизився на 85%.

Таким чином, при застосуванні ЕРСВБ можна очікувати покращення паливної економічності, енергетичних показників та значне зниження шкідливих викидів.

Одним з найбільш використовуваних режимів роботи автомобільних двигунів в умовах експлуатації, зокрема в містах і населених пунктах, є режими холостого ходу. Тому були визначені порівняльні характеристики двигуна з карбюраторною системою живлення і ЕРСВБ в цьому режимі.

З характеристик активного холостого ходу (див. мал. 2) видно, що заміна карбюраторної системи живлення системою впорскування дозволяє значно зменшити витрату палива, в середньому по характеристиці, на 11,1 %.

При роботі двигуна з ЕРСВБ у всіх заданих режимах активного холостого ходу коефіцієнт надлишку повітря знаходиться в межах $\alpha=1$.

При карбюраторній системі живлення, паливоповітряна суміш на мінімальній частоті обертання двигуна збагачена ($\alpha=0,91$), при збільшенні частоти обертання, коли спрацьовує перехідна та головна дозуюча системи, коефіцієнт надлишку повітря змінюється в межах $\alpha=0,83\dots0,95$.

ЕРСВБ забезпечує зниження вмісту оксиду вуглецю CO на 95,7% в порівнянні з карбюраторною системою. В режимі активного холостого ходу, в результаті доокислення оксиду вуглецю CO в нейтралізаторі, вміст діоксиду вуглецю CO₂ для ЕРСВБ зростає в середньому на 20,8%. Середній вміст вуглеводнів C_mH_n двигуна із ЕРСВБ знизився на 99,8% в порівнянні з карбюраторною системою, вміст оксидів азоту NO_x при використанні ЕРСВБ знизився на 72%.

В цілому виконані дослідження підтвердили можливість покращення енергетичних, екологічних показників та показників паливної економічності двигуна і, як наслідок, автомобіля при заміні карбюраторної системи сучасними системами впорскування бензину.

Література

1. Кульбако В. П. Вибір середньостатистичного автомобіля при проведенні досліджень по визначенню ефективності заходів, направлених на покращення екологічної обстановки в містах / В. П. Кульбако // Вісник Національного транспортного університету. – 2008. – № 17. – с. 103-108.
2. Автомобільні двигуни: підручник / Ф. І. Абрамчук, Ю. Ф. Гутаревич, К. Є. Долганов, І. І. Тимченко. – К.: Арістей, 2004. – 476 с.
3. Гунько А. В. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників в умовах експлуатації: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05. 22. 20 „Експлуатація та ремонт засобів транспорту” / А. В. Гунько. – К., 2006. – 185 с.
4. Редзюк А. М. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку / Редзюк А. М. – К.: ДП "ДержавтотрансНДІпроект", 2005. – 400 с.
5. Системы впрыска BOSCH. Принцип действия, тестирование, обслуживание, модернизация / РИП, „Петит”, – М.: 2009. – 200 с.